

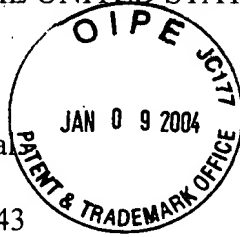
IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Naoaki OGURE et al.

Serial No. 09/866,843

Filed May 30, 2001



: Confirmation No. 7255

: Docket No. 2001_0686A

: Group Art Unit 1763

: Examiner G.A. GOUDREAU

RECEIVED

JAN 15 2004

TC 1700

COATING, MODIFICATION AND ETCHING
OF SUBSTRATE SURFACE WITH PARTICLE
BEAM IRRADIATION OF THE SAME

CLAIM OF PRIORITY UNDER 35 USC 119

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

THE COMMISSIONER IS AUTHORIZED
TO CHARGE ANY DEFICIENCY IN THE
FEES FOR THIS PAPER TO DEPOSIT
ACCOUNT NO. 23-0975

Sir:

Applicants in the above-entitled application hereby claim the date of priority under the International Convention of Japan Patent Application No. 160076/2000, filed May 30, 2000, Japan Patent Application No. 254790/2000, filed August 25, 2000, Japan Patent Application No. 259459/2000, filed August 29, 2000, and Japan Patent Application No. 370601/2000, filed December 5, 2000, as acknowledged in the Declaration of this application.

Certified copies of said Japan Patent Application are submitted herewith.

Respectfully submitted,

Naoaki OGURE et al.

By

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Joseph M. Gorski".

Joseph M. Gorski
Registration No. 46,500
Attorney for Applicants

JMG/edg
Washington, D.C. 20006-1021
Telephone (202) 721-8200
Facsimile (202) 721-8250
January 9, 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 5月30日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-160076

出 願 人

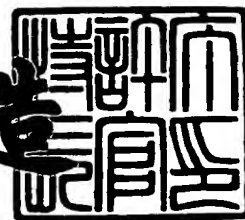
Applicant(s):

株式会社荏原製作所

2001年 7月 6日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3063560

【書類名】 特許願

【整理番号】 P2000-0286

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/02

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 堀江 邦明

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 小樽 直明

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 荒木 裕二

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県藤沢市本藤沢 4 丁目 2 番 1 号 株式会社荏原総合研究所内

【氏名】 長坂 浩志

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県藤沢市本藤沢 4 丁目 2 番 1 号 株式会社荏原総合研究所内

【氏名】 角谷 桃子

【特許出願人】

【識別番号】 000000239

【氏名又は名称】 株式会社 荏原製作所

【代理人】

【識別番号】 100087066

【弁理士】

【氏名又は名称】 熊谷 隆

【電話番号】 03-3464-2071

【選任した代理人】

【識別番号】 100094226

【弁理士】

【氏名又は名称】 高木 裕

【電話番号】 03-3464-2071

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 041634

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9005856

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 基板の成膜・埋込方法及び装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 表面に微細な凹みが形成された基板の表面に向かって平均して無衝突で長い距離直進する粒子を使用して成膜又は凹みを埋め込む基板の成膜・埋込方法であって、

前記基板を前記直進してくる粒子の進行方向の垂直面に対してある角度で傾斜した状態を保ち回転させながら成膜又は埋込みをすることを特徴とする基板の成膜・埋込方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の基板の成膜・埋込方法において、

前記基板の傾斜角度は 0° 或いは 0° に近い角度から徐々に大きくしながら前記成膜又は埋込みをすることを特徴とする基板の成膜・埋込方法。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の基板の成膜・埋込方法において、

前記基板の表面に形成された凹みの入口幅を A、深さを B、アスペクト比を B/A とし、成膜が進むにつれて該アスペクト比 B/A を変えずにあるいは次第に小さくなるように前記基板の傾斜角度を変化させながら前記成膜又は埋込みをすることを特徴とする基板の成膜・埋込方法。

【請求項 4】 請求項 1 又は 2 又は 3 に記載の基板の成膜・埋込方法において

前記基板の表面に形成された凹みの入口幅を A、深さを B、アスペクト比を B/A とし、前記基板の傾斜角度 θ を $\theta = 0^\circ$ 以上で且つ $\theta = \tan^{-1}(A/B)$ 以下の所望の値にすることを特徴とする基板の成膜・埋込方法。

【請求項 5】 反応室内に表面に微細な凹みが形成された基板を基板支持機構で支持し配置し、該基板に表面に粒子発生装置から平均して無衝突で長い距離直進する粒子を照射して成膜又は凹みを埋め込む基板の成膜・埋込装置であって、

前記基板支持機構は基板表面を前記直進してくる粒子の進行方向の垂直面に対してある傾斜角度で傾斜させ回転させる支持機構と、少なくとも前記傾斜角度を可変制御する制御機構を具備することを特徴とする基板の成膜・埋込装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は基板の成膜・埋込方法及び装置に関し、特に半導体デバイスの製造において、半導体基板の表面に形成された微細な配線パターン用の溝や孔等の凹みに成膜又は該凹みを埋め込むのに好適な基板の成膜・埋込方法及び装置に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

従来、基板表面に形成された配線用の微細な溝や孔等の凹みへの薄膜の形成、該凹みの埋め込みは、真空雰囲気中で気相成長させる成膜装置においては、下記の理由により困難であった。

【 0 0 0 3 】

(1) 薄膜の形成を行う場合

全ての粒子が完全に平行には飛行しない場合が多くその場合、図1(a)、(b)に示すように凹み部102の奥部(底部)に到達する粒子103の数が入口部に到達する粒子103の数に比較して少なくなる。その結果、図1(c)に示すように凹み部102の入口部が狭くなってしまう。即ち、凹み部102の入口部の粒子の衝突の確率が高く、成膜率が高くなり、奥に比べて厚く成膜され、壁面に均一な膜厚の成膜が行われない。

【 0 0 0 4 】

(2) 埋め込みを行う場合

上記と同一の理由で、図1(c)の状態から更に成膜が進むと図1(d)のようになり、凹み部102の入口部が閉塞され、内部にボイド105が形成される。

【 0 0 0 5 】

上記問題を解決するために、従来のスパッタ装置においては、基板とターゲットの距離を長くしたり、コリメートを採用している。これは基板面に対して略垂直に入射する粒子だけを基板に到達させようとする発想から得た方法である。しかしながら、この方法でも基板面に対して斜めに入射する粒子が少なからず存在

し、この成分により上記（１）や（２）の問題を生じてしまう。また、入射する粒子が完全に平行成分のみの場合で粒子１０３の直線性が強いときには、図１（e）に示すように、基板１０１の表面に形成された孔や溝等の凹み部１０２の側壁には図１（f）に示すように殆ど膜１０４が形成されない。また、埋め込みに時間がかかりすぎるという問題が生じてしまう。

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は上述の点に鑑みてなされたもので、入射する粒子が完全に平行な成分のみであっても、凹み壁面に均一な膜厚の成膜ができ、また凹みをボイドを発生させることなく埋め込むことができ、且つ成膜及び埋め込み速度の速い基板の成膜・埋込方法及び装置を提供することを目的とする。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため請求項１に記載の発明は、表面に微細な凹みが形成された基板の表面に向かって平均して無衝突で長い距離直進する粒子を使用して成膜又は凹みを埋め込む基板の成膜・埋込方法であって、基板を直進してくる粒子の進行方向の垂直面に対してある角度で傾斜した状態を保ち回転させながら成膜又は埋込みをすることを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

例えば雰囲気が窒素で圧力が 0.1 Pa の場合、平均自由行程は 66 mm となり、その圧力では窒素分子は平均して 66 mm 程度無衝突で飛行することになる。圧力を更に下げると平均自由行程は更に長くなり、 0.01 Pa では平均自由行程は 660 mm となる。ここで２つの離れた面を有する空間を考える。片側面から粒子が放射されたとすると、 0.01 Pa で両面間の距離が 660 mm 以下であれば、その粒子は途中他の粒子と殆ど衝突することなく、反対の面に到着することになる。本発明は上記雰囲気下で上記空間の片側面から反対側面へ粒子の平均自由行程内、即ち平均して無衝突で到達させて成膜・埋め込みを行うものである。尚、圧力と上記両面間の距離を任意に選定することにより、この平均自由行程と上記両面間の距離の関係は任意に設定できる。

【 0 0 0 9 】

上記のように基板表面を粒子の進行方向の垂直面に対してある角度で傾斜した状態を保ち回転させながら成膜又は埋込みをすることにより、凹みの底面のみでなく、側面からも膜を成長させることができ、成膜性及び埋め込み性が向上するし、短時間の成膜、埋め込みが可能となる。

【 0 0 1 0 】

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の基板の成膜・埋込方法において、基板の傾斜角度は 0° 或いは 0° に近い角度から徐々に大きくしながら成膜又は埋め込みをすることを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 に記載の基板の成膜・埋込方法において、基板の表面に形成された凹みの入口幅を A、深さを B、アスペクト比を B/A とし、成膜が進むにつれて該アスペクト比 B/A を同じに維持するかあるいは次第に小さくなるように基板の傾斜角度を変化させながら成膜又は埋め込みをすることを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

上記のように成膜が進むにつれて該アスペクト比 B/A を同じに維持するかあるいは次第に小さくなるように基板の傾斜角度を変化させながら成膜又は埋め込みを行うことにより、凹みの底部が厚く成膜され、シームやボイドの発生しない埋め込みが可能となる。

【 0 0 1 3 】

具体的には、請求項 1 又は 2 に記載の基板の成膜・埋込方法において、例えば成膜によるアスペクト比の変化に応じて基板の傾斜角度 θ を常に $\theta = \tan^{-1} [(A/B) \times k]$ 、(但し k は定数) で表される角度に制御しながら成膜又は埋め込みをすることによりシームやボイドの発生しない埋め込みが達成できる。

【 0 0 1 4 】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 1 又は 2 又は 3 に記載の基板の成膜・埋込方法において、基板の表面に形成された凹みの入口幅を A、深さを B、アスペクト比を B/A とし、基板の傾斜角度 θ を $\theta = 0^\circ$ 以上で且つ $\theta = \tan^{-1} (A/B)$

）以下の所望の値にすることを特徴とする。

【0015】

上記のように基板の傾斜角度 θ を $\theta = 0^\circ$ 以上で且つ $\theta = \tan^{-1}(A/B)$ 以下の所望の値にすることにより、凹みが溝状の場合、成膜性及び埋め込み性が向上し、短時間の成膜、埋め込みが可能となる。

【0016】

請求項5に記載の発明は、反応室内に表面に微細な凹みが形成された基板を基板支持機構で支持し配置し、該基板に表面に粒子発生装置から平均して無衝突で長い距離直進する粒子を照射して成膜又は凹みを埋め込む基板の成膜・埋込装置であって、基板支持機構は基板表面を直進してくる粒子の進行方向の垂直面に対してある傾斜角度で傾斜させ回転させる支持機構と、少なくとも傾斜角度を可変制御する制御機構を具備することを特徴とする。

【0017】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態例を図面を参照しながら説明する。図2（a）及び（b）は本発明に係る基板の成膜・埋込方法を説明するための概念図である。図2において、11は表面に微細な配線パターン用の孔や溝等の凹みが形成された基板12を支持する基板支持台である。該基板支持台11は基板12をその表面が直進してくる粒子13の進行方向の垂直面に対してある角度 θ で傾斜した状態を保つようになっている。そして粒子13の進行方向と平行な軸を中心に矢印Aに示すように回転する。なお、図2（b）は図2（a）の状態から基板支持台11が 180° 回転した状態を示す。

【0018】

図3は基板12の表面に形成された微細な溝や孔等の凹み部の拡大図で、図3（a）は図2（a）に対応し、図3（b）は図2（b）に対応する。基板12は回転しているので、飛来してくる粒子が完全に平行成分のみであった場合でも凹み部14の底部の中心に粒子13が衝突すれば、凹み部14の全壁面に成膜できる。図3（a）及び（b）において、太い実線で示す部分は完全に平行粒子のみの場合の成膜部を示す。ここで、基板12表面の粒子13の進行方向の垂直面に

対する傾き角度を θ とし、図 4 に示すように、入口幅 A 、深さ B の凹み部 1 4 の底部中心 O に粒子が到達するようにしたときの基板 1 2 の傾き角度を θ_0 とすれば、基板 1 2 表面の傾き角度 θ を

$$0 < \theta < \theta_0$$

とすれば、凹み部 1 4 の全壁面に成膜されることになる。飛来してくる粒子 1 3 に非平行成分が存在する場合には、その分を勘案して θ_0 は更に大きくしても底部は完全に成膜される。

【 0 0 1 9 】

$\theta = \theta_0$ 、即ち $\tan^{-1}(A/2B)$ のとき底面の連続成膜を保ちながら、側壁の成膜率（サイドカバレッジ）を大きくすることができる。しかし飛来してくる粒子 1 3 が完全平行成分のみの場合には実際は基板 1 2 の傾斜角度 θ を $\theta = \theta_0$ で成膜すると、図 5 (a) に示すように、凹み部 1 4 底部の中心部 O' に形成される膜 1 5 の膜厚が厚くなる。その場合には図 5 (b) に示すように、基板の傾斜角度 θ を

$$\tan^{-1}(A/2B) < \theta < \tan^{-1}(A/B)$$

で、且つ $\tan^{-1}(A/2B)$ に近い傾斜角度で成膜すると図 5 (c) に示すように凹み部 1 4 の全壁面に均一な膜厚の成膜ができる。更に、後述する再スパッタの現象から基板の傾斜角度 θ は $0^\circ \sim \tan^{-1}(A/B)$ の範囲がよい。

【 0 0 2 0 】

図 6 (a) に示すように基板 1 2 に形成された凹み部が溝の場合、底部への埋め込みは容易となる。それは図 6 (b) に示すように溝 1 7 の溝方向垂直断面で見ると底部全面に粒子を到達させるためには基板 1 2 の傾斜角度 θ を θ_1 [$\theta_1 = \tan^{-1}(A/2B)$] 以下としなければならない。しかし、図 6 (a) に示すように、溝 1 7 の溝方向に平行な断面で見ると底部 D へ粒子が到達するための基板 1 2 の傾斜角度 θ_2 は、 $0 \sim 90^\circ$ のどの角度であっても粒子は底部 D に到達し得る。即ち、基板 1 2 を回転して成膜すれば図 6 (a) と (b) の状態を交互に繰返すこととなる。したがって、凹み部 1 4 が溝状である場合は孔の場合に比べて底部の成膜割合が多くなる。即ち溝の場合は基板の傾き角を更に大きくしても成膜率（カバレッジ）や埋め込み性の良い成膜が可能になることになる。

【 0 0 2 1 】

上記の場合は、粒子の付着確率が1に近く（初めに粒子が到達した所に粒子が落ち着き成膜される場合）、且つ再スパッタされることもない場合をシュミレーションしたものであるが、実際には飛行粒子のエネルギーや下地、成膜材料によっても異なるが、この飛行粒子により再スパッタが起きることがある。この再スパッタが多い場合は、 θ を更に大きくしても凹み部の底部への埋め込みが促進される。それは、図7に示すように、基板の傾斜角を直接粒子が底に到達しない角度にしてもそこから再スパッタされた粒子13'の相当の部分が底部に行くためである。

【 0 0 2 2 】

飛行する粒子のエネルギーが一定値以上ならば、該粒子が既に堆積した膜15の表面に衝突することによって、表面を構成する原子をはじき出す現象（スパッタリング、再スパッタリング）が生じる。スパッタリングを起すためには、衝突粒子のエネルギーが閾値（ $= 30 \sim 50 \text{ eV}$ ）以上のレベルにあることが必要となる（小林春洋「スパッタ薄膜」（基礎と応用）1998.4日刊工業新聞社）。

【 0 0 2 3 】

一方、スパッタ率は衝突粒子のエネルギーが高くなるほど増加し、 30 keV で最大を示し、それ以上のエネルギーでは逆に低下する。したがって、 30 keV を超えるエネルギーを付与することは意味がない。そこで、衝突する粒子のエネルギーは 30 eV 以上で 30 keV 以下とするのが良い。

【 0 0 2 4 】

図8(a)～(d)は基板12の凹み部の成膜過程を示す図である。上述のように再スパッタの特徴を生かして入口幅 A_0 及び深さ B_0 の凹み部14の底の方から成膜し、成膜の各段階でアスペクト比 AR (B_1/A_1 、 B_2/A_2) が次第に小さくなる様な成膜を基板12の傾き角度を徐々に変えながら成膜すると埋込み速度を向上させることができる。

【 0 0 2 5 】

図8(a)に示すように、アスペクト比 AR が大きいとき基板12をあまり傾

斜させないことにより、基本的に底からの成膜のみではなく、幅の狭い側面からの膜成長での成膜も利用したほうが図 8 (d) に示す埋込み完了までの時間を大幅に低減できる。しかしながら、前述のように再スパッタ等で底からの膜成長が望めない場合は、側壁からの膜成長を速くし過ぎると、成膜途中のアスペクト比が逆に大きくなり、シームができることもある。

【 0 0 2 6 】

凹み部 1 4 の側壁への成膜速度は平面への成膜速度を V とすると、図 9 に示すように、基板 1 2 を角度 θ 傾斜させた場合の成膜速度は、 $V \sin \theta$ で表されるので、成膜速度のみからは、傾斜 θ は大きくした方がよい。即ち、連続な膜でカバレッジ性のよい成膜ができる前述のようなシームやボイドが発生しない場合、例えば成膜中にリフロー等が望める場合、図 8 の効果はよりいっそう顕著になるのでそのような場合、できるだけ基板 1 2 の傾斜角度 θ を大きくした方が、膜の成長速度を大きくとれることになる。

【 0 0 2 7 】

上記のような基板の成膜方法及び埋込み方法は、図 1 0 に示すように、半導体基板 W の基体 1 1 1 に銅配線を形成する銅配線工程のバリア層 1 1 5、シード層 1 1 7、銅配線層 1 1 6 を形成する技術として応用できる。バリア層 1 1 5 やシード層 1 1 7 の形成にサイドカバレッジの良い皮膜形成を短時間で、且つ図 1 1 (a) に示すように凹み部 1 4 の側面上部に形成された膜 1 5 の膜厚 t_1 と下部に形成された膜 1 5 の膜厚 t_2 を等しく $t_2 = t_1$ 或いは $t_2 > t_1$ として実行することも可能となる。例えば再スパッタ率が大きい場合やリフローを容易におこさせることができる場合、途中の成膜が図 1 1 (b) に示すように、凹み部 1 4 が入口（表面）に向かって広がっていく。このような場合、凹み部 1 4 の側壁からの膜成長をより有効に利用して、成膜してもシームやボイドの発生がなく、短時間で埋め込みを完成できる。なお、図 1 0 において、1 1 1 a は導電層、1 1 2 は絶縁膜である。

【 0 0 2 8 】

図 1 2 (a) ～ (d) はアスペクト比 AR を徐々に小さくしながら成膜する方法として、基板 1 2 の傾斜角度 θ を徐々に大きくして埋込みを行う場合の成膜工

程を示す図である。初め図 1 2 (a) に示すように基板の傾斜角度 $\theta = 0$ とし、凹み部 1 4 の底面のみに成膜する。これにより膜と底面基材との密着性を確保できる（基板 1 2 の極表面の構成原子をミキシングすることにより、成膜と基材の密着性がよくなる）。底面に成膜したら、図 1 2 (b) に示すように、基板を少し傾斜させ成膜する。これにより、側面に形成された膜と側面基材の密着性も確保できる。底部及び側面の成膜が進むに伴い図 1 2 (c) 及び (d) に示すように、基板 1 2 の傾斜角度 θ を徐々に大きくして成膜する。これにより、成膜（埋込み）速度の向上を図ることができる。

【 0 0 2 9 】

図 1 3 及び図 1 4 は上述した基板の成膜・埋込方法を実施する成膜・埋込装置の構成を示す図である。図 1 3 は全体構成を示す図、図 1 4 は基板支持機構の構成を示す図である。成膜・埋込装置は反応室 5 1 を有し、該反応室 5 1 内は図示しない真空ポンプを具備する排気系で排気されるようになっている。反応室 5 1 内の下部に基板支持機構 6 1 に支持された基板 1 2 が配置され、該基板 1 2 の表面に向けて粒子ビーム発生源 5 2 から平行粒子ビーム 5 3 が照射されるようになっている。また、基板支持機構 6 1 は回転軸 6 2 を中心に回転するようになっている。

【 0 0 3 0 】

粒子ビーム発生源 5 2 は反応室 5 1 内の上部に粒子ビーム発生室 5 2 - 1 を具備し、該粒子ビーム発生室 5 2 - 1 内には、ガス導入口 5 4 から導入するガスを分配するガス分配板 5 2 - 2、第 1 カソード 5 2 - 3、アノード 5 2 - 4 が配置され、該粒子ビーム発生室 5 2 - 1 の下端には第 2 カソードが配置される。反応室内を排気系で所定の低圧力になるように排気し、アノード 5 2 - 4 に直流電源 5 6 より所定の電圧値を印加し、更にガス導入口 5 4 から原料ガス 5 5 を導入することにより、ガス分配板 5 2 - 2 で分配された原料ガスは第 1 カソード 5 2 - 3 とアノード 5 2 - 4 の間及びアノード 5 2 - 4 と第 2 カソード 5 2 - 5 の間の空間でプラズマ化され、イオン化される。該イオン化された原料ガス粒子は、第 2 カソード 5 2 - 5 の小孔を通過する時に中性化される。このように粒子が中性化されることにより、互いに反発し合うことなく（発散することなく）平行粒子

ビーム 5 3 となって放射される。

【 0 0 3 1 】

前記基板支持機構 6 1 は基板 1 2 を保持する基板保持板 6 1 - 1 を有し、該基板保持板 6 1 - 1 は 3 個の玉軸受 6 1 - 5 を介して 2 本の支柱 6 1 - 2 と 1 本のピストン・シリンダ 6 1 - 3 で支持されており、ピストン・シリンダ 6 1 - 3 を伸縮することにより、基板 1 2 の表面を平行粒子ビーム 5 3 の進行方向の垂直面に対して任意の角度で傾斜できるようになっている。前記 2 本の支柱 6 1 - 2 と 1 本のピストン・シリンダ 6 1 - 3 は基台 6 1 - 8 に固定され、該基台 6 1 - 8 はモータ等の回転機構（図示せず）で回転する回転軸（中空軸） 6 1 - 7 にシール部材 6 1 - 9 を介して気密状態で固定されている。回転軸 6 1 - 7 は反応室 5 1 の壁を磁性流体シール 6 1 - 6 を介して貫通している。

【 0 0 3 2 】

また、基台 6 1 - 8 と基板保持板 6 1 - 1 との間は伸縮自在なベローズ 6 1 - 4 で覆われており、ピストン・シリンダ 6 1 - 3 の伸縮により、該ピストン・シリンダ 6 1 - 3 や玉軸受 6 1 - 5 の摺動部等で発生するパーティクルが反応室 5 1 内に飛散するのを防止している。また、ベローズ 6 1 - 4 の内部は回転軸 6 1 - 7 の中空部を通して排気系に連通している。

【 0 0 3 3 】

上記構成の基板支持機構 6 1 において、図示しない制御機構の制御によりピストン・シリンダ 6 1 - 3 は伸縮制御され、基板 1 2 表面を直進してくる平行粒子ビーム 5 3 の進行方向の垂直面に対してある角度で傾斜した状態に保ち、回転軸 6 1 - 7 の回転により回転する。また、制御機構は基板 1 2 の平行粒子ビーム 5 3 の進行方向の垂直面に対する傾斜角度を 0° 或いは 0° に近い角度から徐々に大きくしながら埋め込みをすることにより、図 1 2 に示すように埋め込みまでの時間を大幅に低減できる。なお、反応室 5 1 内の圧力を第 2 カソードと基板 1 2 の間隔が平行粒子ビーム 5 3 の粒子の平均自由行程以内になるような圧力とすることにより、基板 1 2 の表面に向かって無衝突で粒子が到達する。

【 0 0 3 4 】

また、上記制御機構は、基板 1 2 の表面に形成された凹みの入口幅を A、深さ

をB、アスペクト比を B/A とし、成膜によるアスペクト比の変化に応じて基板の傾斜角度 θ を常に $\theta = \tan^{-1} \{ (A/B) \times k \}$ (但し k は定数) で表される角度に制御しながら埋め込みをすることにより、図8に示すように、底からのみではなく側面からも膜が成長するから、埋め込みまでの時間を低減できる。

【 0 0 3 5 】

また、制御機構は基板の傾斜角度 θ を $0 < \theta < \tan^{-1} (A/B)$ の所望の値にすることにより、図6に示すように凹みが溝状であった場合も、埋め込みまでの時間を低減できる。

【 0 0 3 6 】

上記のように本発明に係る基板の成膜・埋込方法の原理を前提にすれば、本発明の方法を利用できる装置としては、下記のものがある。

- ①真空蒸着装置
- ②イオンプレーティング装置
- ③FAB成膜装置 (中性の粒子を飛行させる装置)
- ④スパッタリング装置 (コリメート、ロンズスロー)
- ⑤イオンビーム蒸着装置
- ⑥蒸着・注入併用成膜装置

【 0 0 3 7 】

なお、上記の記述では、基板12の表面の凹み内面に薄膜の被膜を形成するか、又は凹みの埋め込みを行う場合について説明したが、それ以外にも表面に外部粒子を注入したり、極表面の構成原子をミキシングしたりすることへの拡張応用もできる。したがって、上記①～⑥に以下の⑦及び⑧の装置も追加できる。

【 0 0 3 8 】

- ⑦イオン・原子注入装置
- ⑧ダイナミック又はスタティックミキシング装置

【 0 0 3 9 】

【発明の効果】

以上説明したように各請求項に記載の発明によれば、下記のような優れた効果が得られる。

【 0 0 4 0 】

請求項 1 に記載の発明によれば、凹みの底面のみでなく、側面からも膜を成長させることができ、成膜性及び埋め込み性が向上するし、短時間の成膜、埋め込みが可能となる。

【 0 0 4 1 】

請求項 2 に記載の発明によれば、基板の傾斜角度は 0° 或いは 0° に近い角度から徐々に大きくしながら成膜又は埋め込みを行うので、膜形成速度及び埋め込み速度が向上する。

【 0 0 4 2 】

請求項 3 に記載の発明によれば、成膜が進むにつれてアスペクト比 B/A を変えずにあるいは次第に小さくなるように基板の傾斜角度を変化させながら成膜又は埋め込みを行うことにより、凹みの底部が厚く成膜され、シームやボイドの発生しない埋め込みが可能となる。

【 0 0 4 3 】

請求項 4 に記載の発明によれば、基板の傾斜角度 θ を $\theta = 0^\circ$ 以上且つ $\theta = \tan^{-1}(A/B)$ 以下の所望の値にすることにより、凹みが溝状の場合、成膜性及び埋め込み性が向上し、短時間の成膜、埋め込みが可能となる。

【 0 0 4 4 】

請求項 5 に記載の発明によれば、請求項 1 乃至 4 に記載の発明を実施できる基板の成膜・埋込装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

基板表面に形成された凹み部の成膜過程を示す図である。

【図 2】

本発明に係る基板の成膜・埋込方法を説明するための概念図である。

【図 3】

基板表面に形成された凹み部と照射される粒子の状態を示す概念図である。

【図 4】

基板表面に形成された凹み部の全壁面に成膜できる状態を説明するための図で

ある。

【図 5】

基板の傾斜角度と凹み部に形成される成膜の状態を説明するための図である。

【図 6】

基板の凹みが溝状である場合の成膜を説明するための図である。

【図 7】

再スパッタが発生する場合の成膜状態を説明するための図である。

【図 8】

本発明に係る基板の成膜・埋込方法の成膜過程を示す図である。

【図 9】

基板の傾斜角度と凹み部側壁成膜速度との関係を示す図である。

【図 1 0】

半導体基板の断面構成例を示す図である。

【図 1 1】

基板凹み部に形成された膜の膜厚分布例を示す図である。

【図 1 2】

本発明に係る基板の成膜・埋込方法の成膜過程を示す図である。

【図 1 3】

本発明に係る基板の成膜・埋込装置の全体構成例を示す図である。

【図 1 4】

本発明に係る基板の成膜・埋込装置の基板支持機構の構成例を示す図である。

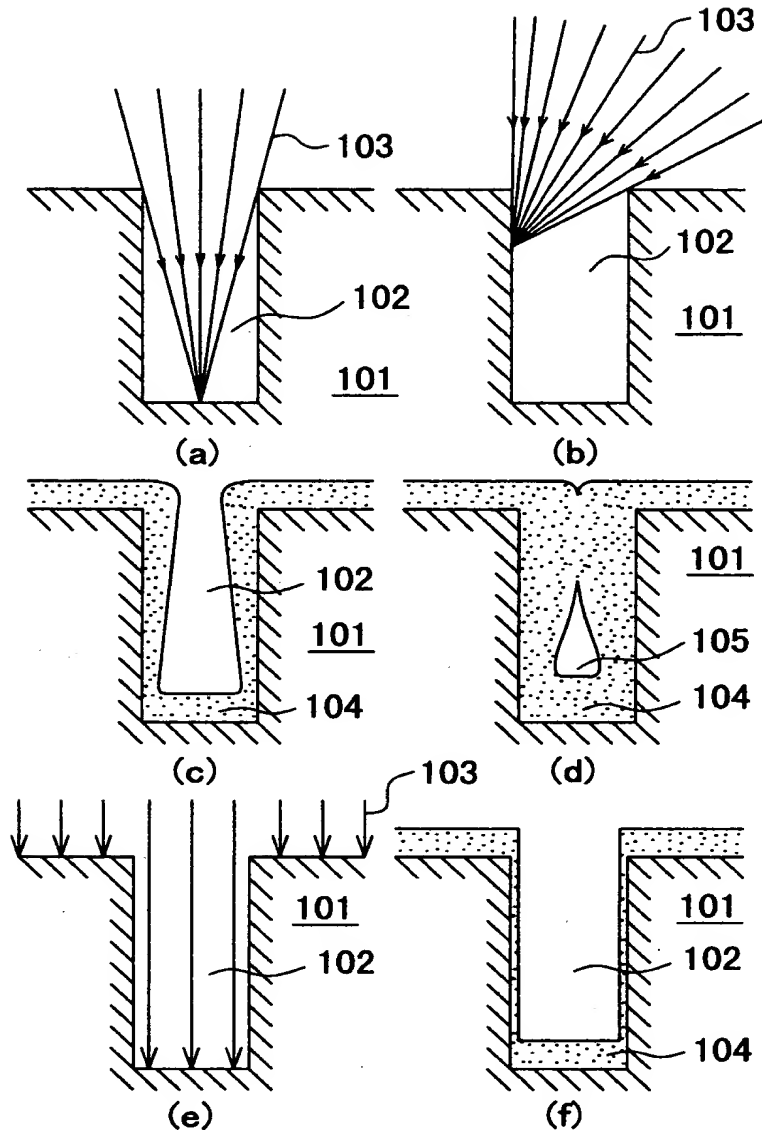
【符号の説明】

| | |
|-----|-------|
| 1 1 | 基板支持台 |
| 1 2 | 基板 |
| 1 3 | 粒子 |
| 1 4 | 凹み部 |
| 1 5 | 膜 |
| 1 7 | 溝 |
| 5 1 | 反応室 |

- 5 2 粒子ビーム発生源
- 5 3 平行粒子ビーム
- 5 4 ガス導入口
- 5 5 原料ガス
- 6 1 基板支持機構
- 6 2 回転軸

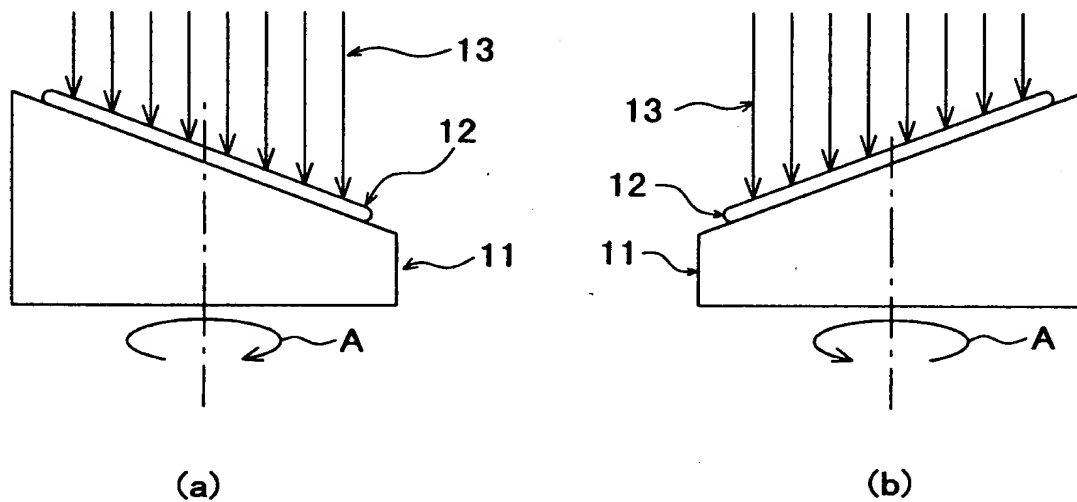
【書類名】 図面

【図 1】



基板表面に形成された凹み部の成膜過程を示す図

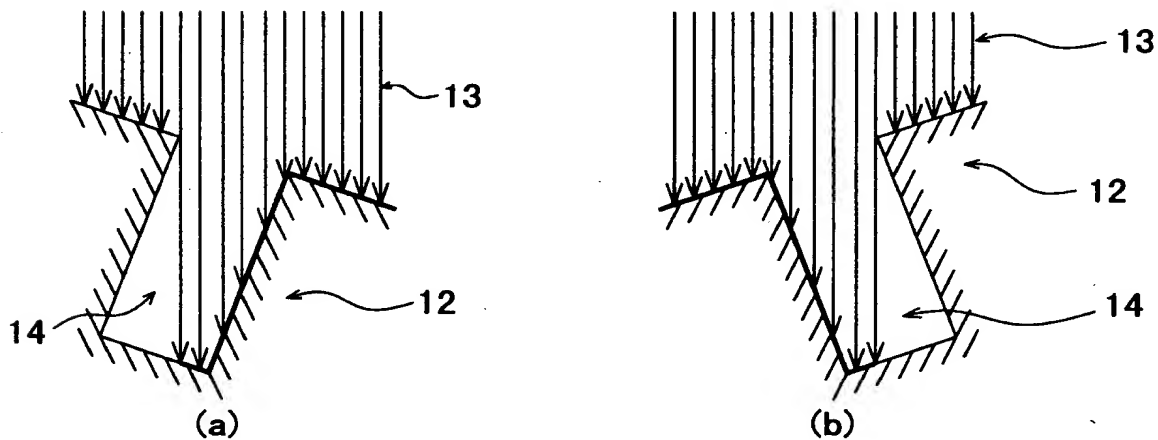
【図 2】



11: 基板支持台
12: 基板
13: 粒子

本発明に係る基板の成膜・埋込方法

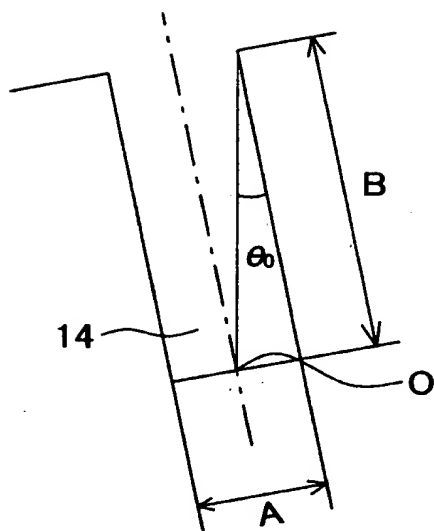
【図 3】



12: 基板
13: 粒子
14: 凹み部

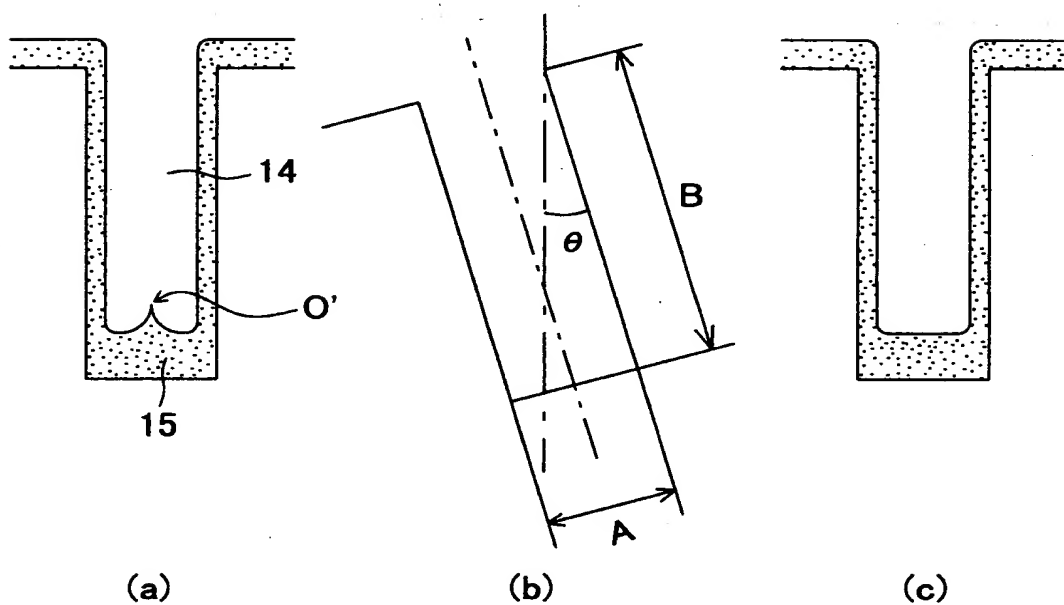
基板表面に形成された凹み部と照射される粒子の状態

【図 4】



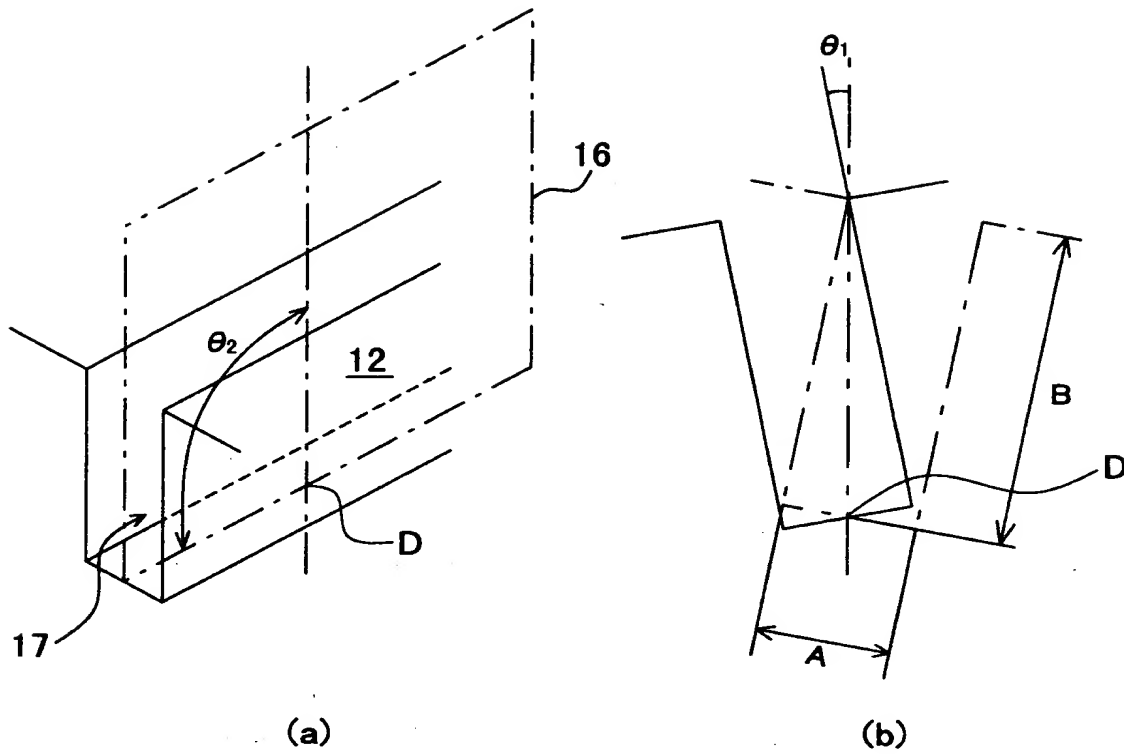
基板表面に形成された凹み部の全壁面に成膜できる状態

【図 5】



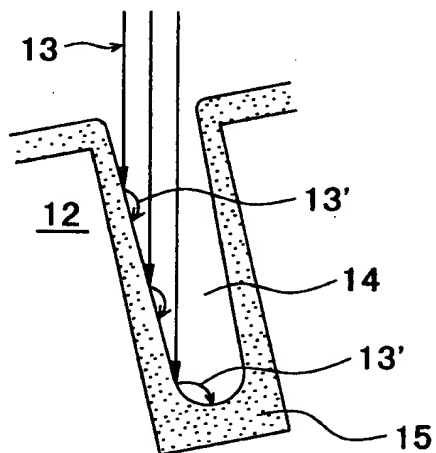
基板の傾斜角度と凹み部に形成される成膜の状態

【図 6】



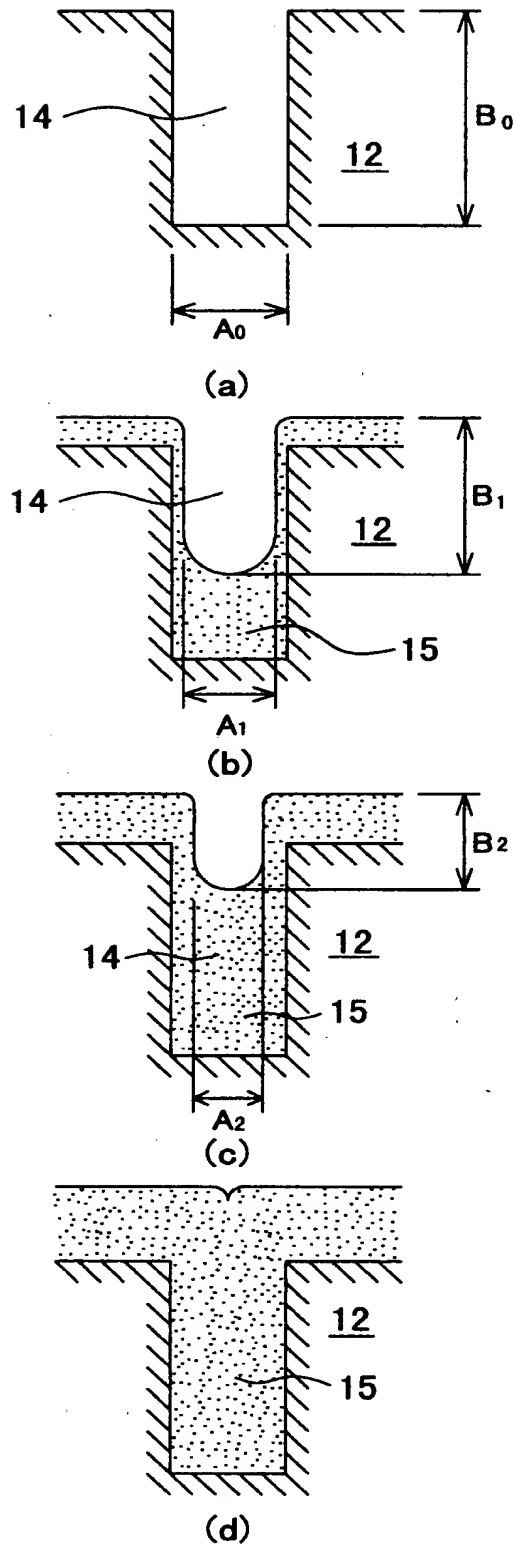
基板の凹みが溝状である場合の成膜状態

【図 7】



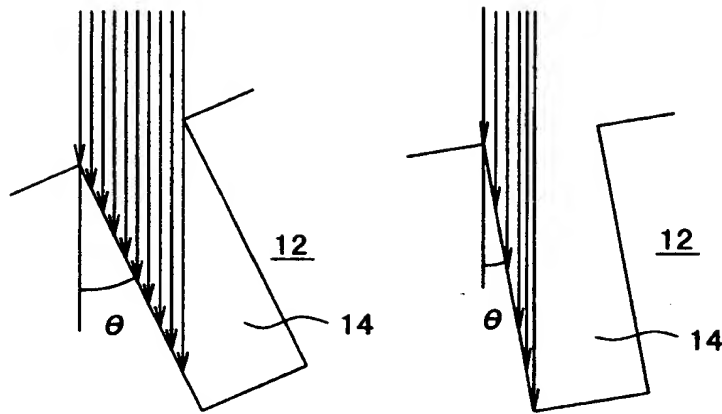
再生スパッタが発生する場合の成膜状態

【図 8】



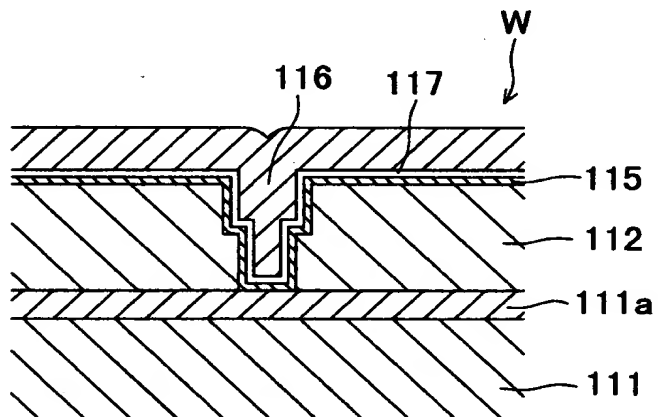
本発明に係る基板の成膜・埋込方法の成膜過程

【図 9】



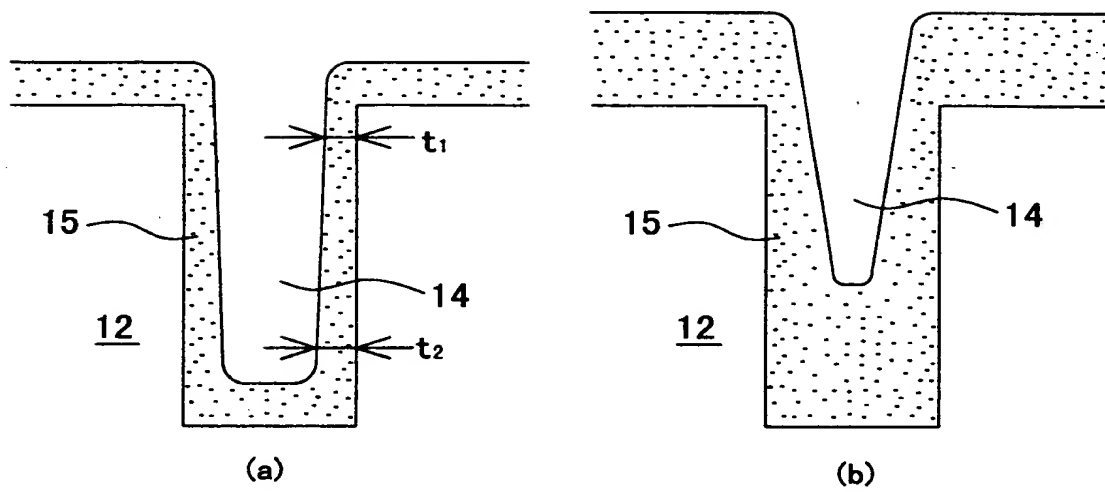
基板の傾斜角度と凹み部側壁成膜速度との関係

【図 1 0】



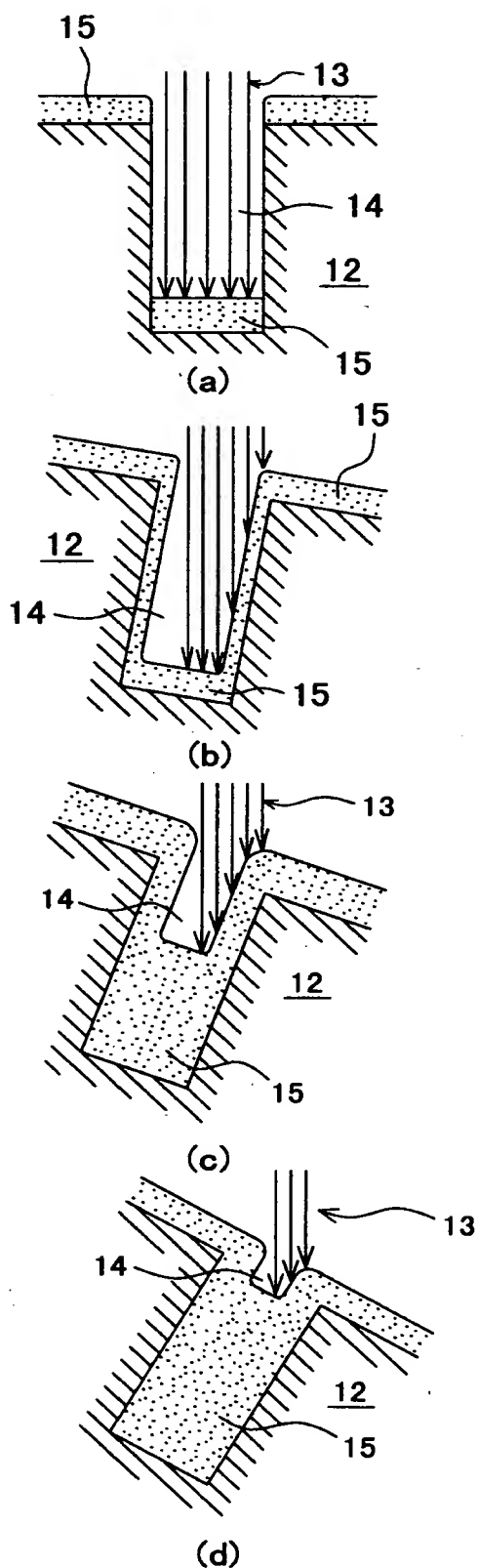
半導体基板の断面構成例

【図 1 1】



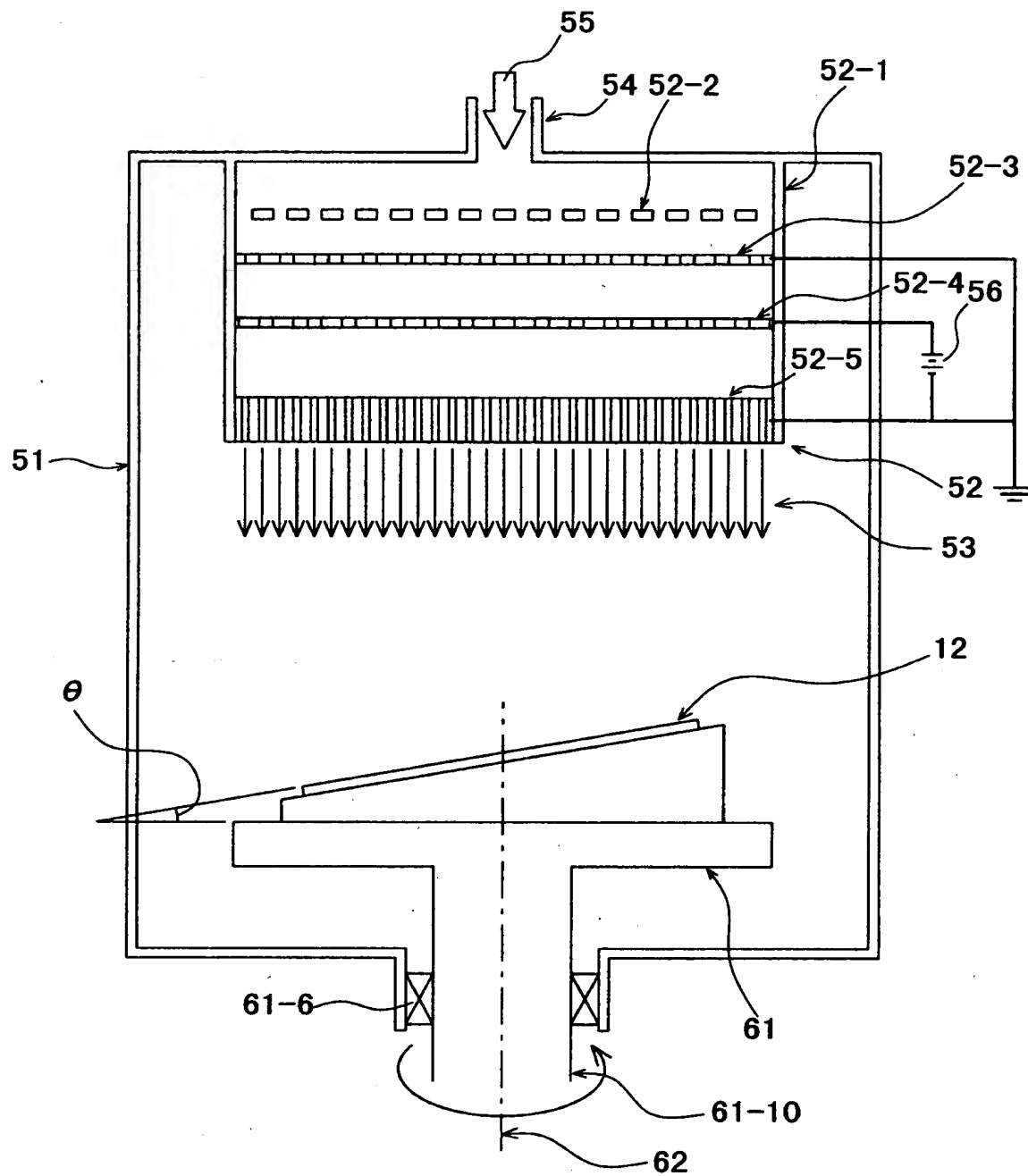
基板凹み部に形成された膜の膜厚分布例を示す図

【図 12】



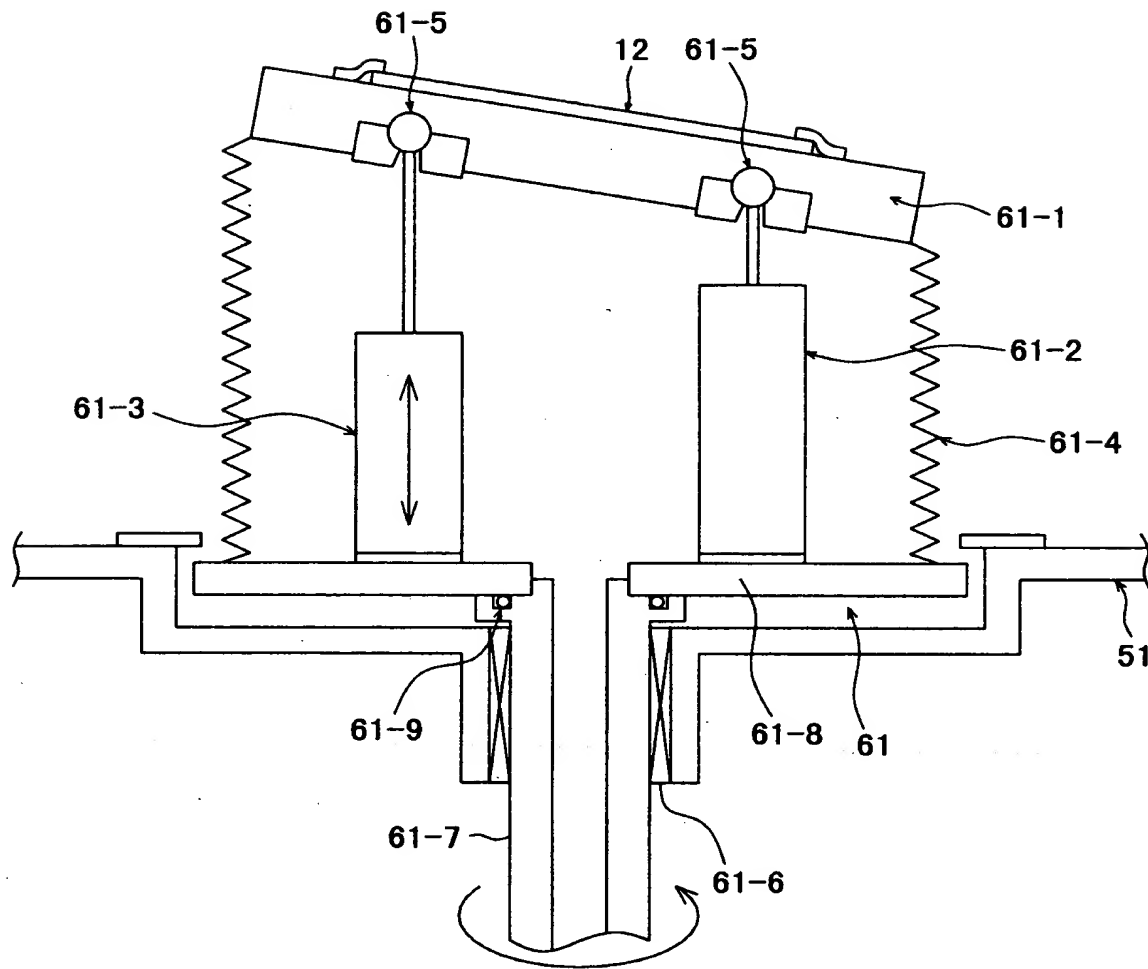
本発明に係る基板の成膜・埋込方法の成膜過程を示す図

【図 1 3】



本発明に係る基板の成膜・埋込装置の全体構成例

【図 1 4】



本発明に係る基板の成膜・埋込装置の基板支持機構の構成例

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 入射する粒子が完全に平行な成分のみであっても、凹み壁面に均一な膜厚の成膜ができ、また凹みをボイドを発生させることなく埋め込むことができ、且つ成膜及び埋め込み速度の速い基板の成膜・埋込方法及び装置を提供すること。

【解決手段】 表面に微細な凹みが形成された基板 1 2 の表面に平均して無衝突で長い距離直進する粒子を使用して成膜又は凹みを埋め込む基板の成膜・埋込方法であって、基板 1 2 表面を直進してくる粒子 1 3 の進行方向の垂直面に対してある角度で傾斜した状態を保ち回転させながら成膜又は埋込みをする。

【選択図】 図 2

認定・付加情報

| | |
|---------|---------------|
| 特許出願の番号 | 特願2000-160076 |
| 受付番号 | 50000667600 |
| 書類名 | 特許願 |
| 担当官 | 第五担当上席 0094 |
| 作成日 | 平成12年 5月31日 |

<認定情報・付加情報>

| | |
|-------|-------------|
| 【提出日】 | 平成12年 5月30日 |
|-------|-------------|

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000239]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区羽田旭町11番1号
氏 名 株式会社荏原製作所